

FACTEURS D'EMISSION AMMONIAC AU BATIMENT EN PRODUCTIONS DE POULETS DE CHAIR ET POULES PONDEUSES

Caron Enora¹, Le Bras Pauline¹, Hassouna Melynda²

¹ITAVI - Rue Maurice Le Lannou – 35000 RENNES,

²INRAE UMR SAS - 65 rue de Saint Brieuc – 35000 RENNES

caron@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

En France, la production avicole contribue à hauteur de moins de 0,4% des émissions directes nationales de gaz à effet de serre et d'environ 6 % des émissions nationales d'ammoniac (NH₃). Les émissions proviennent en partie de la gestion des effluents sur l'exploitation et varient en fonction des pratiques d'élevage et des conditions climatiques. Les facteurs d'émissions (FE) permettent de quantifier ces émissions. Cette étude vise à proposer des FE NH₃ pour les productions de poulets de chair et de poules pondeuses, en fonction de la gestion des effluents au bâtiment en utilisant la base de données ELFE (ELevage et Facteurs d'Emissions). La structure d'ELFE a été élaborée en 2017 et permet une description exhaustive de résultats de publications scientifiques à travers 979 variables pour le poste bâtiment. Les valeurs d'émission issues de ces articles sont converties en unité de référence (kg N-NH₃.emplacement⁻¹.an⁻¹) grâce aux données fournies dans les articles correspondants. En janvier 2023, la base de données contenait 1027 valeurs d'émissions provenant de 106 publications au poste bâtiment pour les productions avicoles. Environ 50 % des valeurs concernent le composé NH₃ (551) et 97 % des valeurs se réfèrent aux poulets de chair et aux poules pondeuses. Suite au processus d'évaluation de la qualité des données et de leur conversion, 25 % des valeurs relatives au NH₃ ont été écartées. Lors de l'analyse, le type de logement a été sélectionné comme variable influente pour les poules pondeuses alors que la durée d'élevage a été retenue pour les poulets de chair. Les résultats donnent ainsi des FE NH₃ pour les systèmes de poules pondeuses en cages et volières de respectivement 0,066 et 0,102 kg N-NH₃.emplacement⁻¹.an⁻¹. En poulets de chair, les FE NH₃ des poulets élevés entre 0–50 jours et 50–80 jours, sont de respectivement 0,129 et 0,226 kg N-NH₃.emplacement⁻¹.an⁻¹. Ces résultats pourront être réemployés dans les analyses de cycle de vie et lors des inventaires nationaux pour une estimation plus précise des émissions d'NH₃.

ABSTRACT

Ammonia emission factors for broiler and laying hen housing

In France, poultry productions contribute for less than 0.4 % of national greenhouse gases emissions and about 6 % of national ammonia (NH₃) emissions (CITEPA, 2022). The emissions come from the different steps of manure management on farm and vary in function of the breeding practices, the manure management inside the building and climate conditions. Emission factors (EFs) allow the quantification of these emissions. This study aims to define NH₃ EFs for broiler and laying hen productions according to different housing manure managements by using all data collected in the ELFE (ELevage et Facteurs d'Emissions, *i.e.* Livestock and Emission Factors) database. ELFE structure was built in 2017 and permits an exhaustive description of the publications through 979 variables for the housing. Emission values have been converted into reference units (kg NH₃-N.place⁻¹.year⁻¹) by using data given in the corresponding papers. In January 2023, the database contained 1027 emissions values from 106 publications for the housing. About 50 % of the values relate to the NH₃ compound (551), and 97 % of the values refer to broilers and laying hens. After the cleaning process and the conversion to reference units, 25 % of NH₃ values were deleted. Within the analysis, the type of floor has been selected as an influential variable for laying hen, whereas breeding duration has been considered for broilers. For laying hen in cages and aviaries, the results give NH₃ EFs of respectively, 0,066 and 0,102 kg NH₃-N.place⁻¹.year⁻¹. For broilers aged from 0-50 days and between 50-80 days, the NH₃ EFs are respectively of 0,129 et 0,226 kg NH₃-N.place⁻¹.year⁻¹. These results could be used in life cycle assessment or for national inventories, for a more accurate estimation of NH₃ emissions.

INTRODUCTION

Comme tous les secteurs d'activité, l'agriculture a un impact sur les différents compartiments de l'environnement et est incitée via les engagements internationaux de la France, à les réduire. Pour mesurer les évolutions des impacts sur la qualité de l'air, des inventaires nationaux sont réalisés annuellement (guide Ominea, Citepa, 2022b) et des outils d'évaluation mis en œuvre pour produire des indicateurs utiles aux différentes parties prenantes et notamment dans l'analyse de cycle de vie (CAP'2ER®; Caron *et al.*, 2023). Ainsi, en productions animales, un facteur d'émission (FE) est une quantité de polluant ramenée à une donnée d'activité comme par exemple une quantité de viande produite ou d'azote excrété. Afin de réaliser des bilans environnementaux précis, il est nécessaire d'avoir des modèles d'émission et donc des FE fiables et représentatifs des systèmes avicoles français.

Par défaut, l'EMEP (European Monitoring and Evaluation Program, 2019) propose pour l'ammoniac (NH₃), des FE pour quelques catégories de volailles aussi bien pour les émissions en bâtiment d'élevage qu'au stockage ou à l'épandage des effluents, avec plusieurs niveaux de précision (Tiers 1,2,3) :

- Le premier niveau, appelé « Tier 1 », propose des FE par animal. Cela permet, connaissant le nombre d'animaux d'une population d'obtenir les émissions de ce troupeau
- Le deuxième niveau, « Tier 2 », donne des FE exprimés par rapport à la quantité d'azote ammoniacal excrétée. Cela permet de prendre en compte les performances zootechniques des animaux et la stratégie alimentaire mise en œuvre pour les élever. C'est le niveau le plus communément utilisé.
- Le dernier niveau, « Tier 3 » correspond à une méthodologie spécifique, référencée et validée établie par un pays donné.

Les FE proposés actuellement présentent des limites par rapport à la description des systèmes avicoles. En poulet de chair, un seul FE est disponible et en poules pondeuses, deux sont disponibles, pour des systèmes de fientes en fosse profonde (système n'existant plus en France) et en système solide (*i.e.* fumier). L'objectif de cet article est ainsi de proposer des FE actualisés représentatifs des systèmes avicoles français, et prenant en compte si possible d'autres variables descriptives des systèmes tel que le mode de logement des animaux ou leur stade physiologique.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Base de données ELFE

La base de données (BDD) ELFE a été créée en 2017 par un consortium d'organismes de recherche (Vigan *et al.*, 2019). Elle regroupe les données d'émissions de publications de travaux de recherche internationaux sur plusieurs composés et a pour objectif de proposer un support d'analyse pour le calcul de FE par système d'élevage et selon la gestion des effluents.

La base de données est déclinée par poste d'émission (bâtiment, stockage, épandage) et par filière (ruminants, porcs et volailles) pour le bâtiment d'élevage. Les composés recensés dans la base sont au nombre de 11 et portent sur les émissions de gaz à effet de serre (3 composés), de particules (3 catégories), de composés soufrés (2), d'ammoniac, de monoxyde d'azote et d'odeurs. Afin de décrire le contexte des expérimentations au cours desquelles sont mesurées les émissions, 979 variables ont été définies. Ces variables sont quantitatives et qualitatives et sont classées en 12 catégories. Elles décrivent notamment le système d'élevage avec ses principales performances zootechniques, la composition des aliments, le système de logement des animaux, le mode de gestion des effluents et les conditions de mesure des émissions.

1.2. Analyse de la base de données ELFE et calcul des facteurs d'émissions

1.2.1. Périmètre de l'étude

L'étude a été menée pour le poste d'émissions « Bâtiment », le composé « Ammoniac » et les espèces de volailles « Poulet » et « Poule pondeuse ». Les données pour des systèmes avec parcours (*i.e.* accès extérieur) ont été écartées ; on ne se concentrera donc que sur les systèmes en claustration.

1.2.2. Qualité des données

La BDD étant collaborative, une étape d'évaluation de la qualité des variables qualitatives et quantitatives saisies a été réalisée. Cette étape permet de s'assurer de la cohérence des valeurs et de s'affranchir de potentielles erreurs de saisie ou erreurs dans les publications d'origine. Pour les variables qualitatives, des tableaux croisés dynamiques ont été réalisés pour croiser différentes modalités. Dans le cas des variables quantitatives, des *boxplots* ont été construits pour identifier les valeurs extrêmes.

1.2.3. Conversion des facteurs d'émission

Afin de pouvoir comparer les FE entre eux, ces derniers ont été convertis en kg N-NH₃.emplacement⁻¹.an⁻¹, l'unité la plus représentée dans la BDD. Les conversions ont été réalisées à

l'aide des variables descriptives de la BDD associées à chaque valeur d'émission lorsque les données étaient disponibles.

1.2.4. Tests statistiques

Les analyses statistiques ont été menées avec le logiciel R. Des tests de comparaison de la moyenne sont réalisés selon un arbre de décision défini, qui détermine le test le plus approprié selon le nombre de modalités des variables analysées. Lorsque la distribution des données était normale, des tests de Student ont été appliqués. Dans le cas contraire, des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis et Wilcoxon ont été menés. Ces tests ont permis d'identifier des FE NH_3 significativement différents, selon la gestion des effluents. Le seuil de confiance à 5% a été considéré pour juger de la significativité des résultats.

Les variables analysées dépendent de l'espèce considérée. En poulet de chair, la durée d'élevage et la fréquence d'évacuation des effluents ont été testés. Pour les productions de poules pondeuses, les variables étudiées sont le mode de logement (cage, sol) et le système d'évacuation des effluents.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Données disponibles pour l'ammoniac

En janvier 2023, la base de données bâtiment pour les volailles contient 87 publications datées de 1993 à 2022 et 1027 valeurs d'émissions, dont 551 pour le composé NH_3 , soit environ 53% des données. Les publications sont issues de plusieurs pays dont 40% provenant des Etats-Unis.

Suite à l'étape d'évaluation de la qualité des données et de conversion des FE vers l'unité retenue, de nombreuses valeurs ont été écartées de l'étude : 420 valeurs ont été conservées dont 195 pour les poulets de chair et 217 pour les poules pondeuses.

2.2. Facteurs d'émission ammoniac en poulets de chair

Les FE poulets de chair ont d'abord été étudiés selon la durée d'élevage. En effet, il a été démontré que l'excrétion journalière d'azote par animal augmente avec l'âge et le poids de l'animal, en lien avec la diminution des capacités de fixation des nutriments par les animaux (Guyot et al., 2021). Ainsi, le pool d'azote disponible pour des échanges gazeux s'en voit augmenté et plus propice aux émissions d' NH_3 notamment. Pour mettre en avant ce phénomène, 2 catégories d'âge ont été définies : les poulets de moins de 50 jours et les poulets entre 50 et 80 jours. Ces intervalles correspondent à des dynamiques de croissance bien spécifiques, ce qui permettrait de cibler les souches à croissance rapide par rapport aux croissances intermédiaires et lentes.

L'analyse de la BDD ELFE donne ainsi un FE NH_3 significativement inférieur pour les poulets âgés de moins de 50 jours par rapport à ceux entre 50 et 80 jours d'âge (respectivement, 0,129 et 0,226 kg N- NH_3 .emplacement⁻¹.an⁻¹, Tableau 1).

L'analyse s'est poursuivie par l'étude de la fréquence d'évacuation des effluents pour les deux durées d'élevage, moins de 50 jours et entre 50 et 80 jours. Les modalités étudiées étaient une évacuation en fin de lot et en cours de lot pour la catégorie moins de 50 jours alors que pour la deuxième catégorie, les données disponibles regroupent une modalité d'évacuation en fin de lot et après plusieurs lots. Ces modalités sont discutables ; il s'agit en réalité d'expérimentations qui comparent plusieurs situations avec des systèmes en litière accumulée classique ou pour lesquels la croûte est retirée d'un lot à l'autre, aux Etats-Unis pour 80% des résultats du groupe 50-80 jours. On observe ainsi des FE plus élevés pour des durées de stockage des effluents en bâtiment plus longues, (respectivement 0,128 contre 0,112 kg N- NH_3 .emplacement⁻¹.an⁻¹ pour le groupe 0-50 jours et 0,217 contre 0,188 kg N- NH_3 .emplacement⁻¹.an⁻¹ pour le groupe 50-80 jours) mais les résultats ne sont pas statistiquement différents à cause d'un nombre de données faible et de la variabilité des valeurs (Tableau 1). Les résultats obtenus sont cohérents avec la littérature puisque des effluents qui s'accumulent dans le bâtiment s'accompagnent d'une augmentation du pool d'azote volatilisable sous forme d' NH_3 .

Lorsqu'on compare les résultats obtenus avec la référence de l'EMEP 2019, on observe des valeurs supérieures (FE NH_3 Poulet chair EMEP = 0,053 kg N- NH_3 .emplacement⁻¹.an⁻¹). Plusieurs éléments d'explication peuvent être proposés. D'abord, le FE de l'EMEP 2019 repose sur une référence de poulet plutôt léger d'après le forfait d'excrétion utilisé sans précision du plan alimentaire ou des techniques de gestion des effluents et ne possède par d'écart-type associé à la valeur (European Environment Agency, 2019 & ITAVI, 2013). Dans ELFE, on peut distinguer plusieurs systèmes de poulet allant du poulet conventionnel au poulet très lourd mais sans précision du plan alimentaire dans les données disponibles. De plus, lors de l'actualisation du rapport de l'EMEP 2019, le FE au bâtiment du poulet de chair a diminué de 25% par rapport à l'EMEP 2016. Cette modification est difficile à expliquer puisque les bases de données sur lesquelles reposent les différentes versions de l'EMEP sont peu documentées. Les FE de la base ELFE ont été établis grâce à un ensemble de références n'ayant pas été sélectionnées selon la date de publication. A l'inverse, il est possible que lors de l'actualisation des FE de l'EMEP 2019, seules les références les plus récentes aient été

sélectionnées ce qui peut avoir pour effet de réduire la valeur des FE, en lien notamment avec l'amélioration de l'efficacité alimentaire des animaux et l'évolution des stratégies alimentaires.

2.3. Facteurs d'émission ammoniac en poules pondeuses

Dans le cas des poules pondeuses, le système de logement a d'abord été testé. D'après les données disponibles dans la BDD ELFE, deux systèmes sont comparés : les cages et les volières. On s'attend à ce que le FE NH_3 en volière soit plus élevé que pour les systèmes en cages, puisque les logements en cages sont généralement équipés de systèmes d'évacuation des fientes permettant une extraction plus régulière avec des systèmes de tapis intégrés avec pré-séchage en bâtiment, alors qu'en volière, les poules ont souvent accès à une partie sur sol béton qui laisse donc place à plus d'émissions via des effluents non collectés. Après analyse de la BDD, le système de logement des poules pondeuses apparaît comme un facteur significatif d'influence sur le FE NH_3 , qui est 1,6 fois plus élevé pour les poules pondeuses en volières que pour les poules en cages, ce qui est en accord avec les hypothèses émises. Les FE NH_3 obtenus sont respectivement pour la volière et la cage, de 0,102 et 0,066 kg N- NH_3 .emplacement⁻¹.an⁻¹ (Tableau 2).

L'analyse s'est poursuivie avec l'étude de l'influence des tapis d'évacuation sur les émissions d' NH_3 . La variable étudiée était la présence de tapis d'évacuation des fientes. Comme expliqué précédemment, sa présence permet une extraction plus fréquente des effluents et donc réduit les potentiels de volatilisation d'azote. Le BREF Elevage indique notamment des réductions d' NH_3 comprises entre 70 et 80% lorsque la Meilleure Technique Disponible « tapis d'évacuation » est mise en place (European Union, 2017). Les résultats obtenus donnent un effet significatif de la présence de tapis sur les émissions d' NH_3 pour le système de logement en cages (n=170) avec un FE à hauteur de 0,044 kg N- NH_3 .emplacement⁻¹.an⁻¹ avec tapis et 0,182 sans. Dans le cas des volières, la significativité n'est pas prouvée mais on observe une grande variabilité des valeurs (écarts-types élevés). On note tout de même une réduction des émissions d' NH_3 à hauteur de 72% pour les systèmes cages avec tapis d'évacuation et de 51% pour les systèmes en volière, avec tapis d'évacuation des fientes (Tableau 2).

Bien que le FE moyen des systèmes équipés de tapis d'évacuation soit plus faible, la variabilité observée est importante. Celle-ci peut être liée à la variabilité des pratiques accompagnant ce système, telle que la fréquence d'évacuation des effluents, qui peuvent impacter les FE. La référence Poule pondeuse effluents solides de l'EMEP 2019 (FE

NH_3 Poule pondeuse EMEP = 0,108 kg N- NH_3 .emplacement⁻¹.an⁻¹), est similaire à celle d'ELFE pour le FE volière (0,102 kg N- NH_3 .emplacement⁻¹.an⁻¹). De même que pour les poulets, cette référence peut cacher une grande diversité de systèmes. Notamment, si les données ELFE sous-jacentes sont moins récentes que l'EMEP, on peut avoir un poids des systèmes en cages plus important ce qui amènerait une baisse du FE.

2.4. Limites de la base de données ELFE

La BDD ELFE regroupe des résultats d'expérimentations qui proviennent de l'international et décrivent donc des systèmes de production parfois très différents d'un pays à l'autre (notamment l'accumulation de litière sur plusieurs lots aux Etats-Unis, qui n'existe pas en France). Cette diversité des pratiques et des conditions climatiques explique la variabilité des résultats de FE.

De plus, dans la base de données, toutes les variables décrivant l'itinéraire technique associé à chaque valeur d'émission ne sont pas renseignées (car absente de la publication associée), ce qui ne permet pas d'être exhaustif sur la définition de chaque FE (incertitude définitionnelle importante).

Enfin, les valeurs d'émissions collectées sont souvent exprimées dans des unités différentes (Webb *et al.*, 2021) et leur conversion dans une même unité mène à la perte de nombreuses valeurs au cours du processus d'analyse (Hassouna *et al.*, 2021). Il sera notamment plus intéressant de pouvoir conduire cette analyse sur des résultats exprimés en fonction du TAN (azote ammoniacal) ou de l'azote excrété, pour pouvoir d'une part, directement se confronter aux valeurs de références et d'autre part, pouvoir adapter les inventaires d'émission selon la conduite alimentaire et les performances techniques (*e.g.* une amélioration de l'Indice de Consommation entraîne une diminution de l'azote excrété et donc des émissions de NH_3).

CONCLUSION

L'analyse de la BDD ELFE pour les filières avicoles a permis d'affiner des FE concernant le composé NH_3 , en productions de poulets de chair et de poules pondeuses. Ces valeurs peuvent être utilisées dans les inventaires d'émissions ou l'évaluation environnementale.

En poulets de chair, il convient de relier les FE NH_3 à la souche génétique : utiliser le FE 0-50 jours pour les souches à croissance rapide (*e.g.* le système poulet conventionnel) et utiliser le FE 50-80 jours pour les souches à croissance intermédiaire (*e.g.* le système poulet certifié).

Dans le cas des poules pondeuses, des FE NH₃ sont proposés selon le système de logement. Ainsi, le FE Cages peut s’appliquer à des Poules pondeuses Code 3 et le FE Volière peut s’appliquer aux systèmes en Code 2.

Du travail est encore à mener sur les autres composés et systèmes avicoles, pour lesquels une telle analyse n’est pas possible aujourd’hui en raison d’un manque d’études sur le sujet et donc de données à analyser.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Caron E., Dubois E., Pechenart E., Blazy V., 2023. *Tema n°66 Juillet-Août-Septembre 2023*
CITEPA, 2022 (a). *Format SECTEN*
CITEPA, 2022 (b). *Rapport OMINEA – 19^{ème} édition.*
European Environment Agency, 2019. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory Guidebook. Chapter Agriculture, 31*
European Union, 2017. *Publications Office of the European Union EUR 28674 EN*
Guyot Y., Blazy V., Fontanet J.M., 2022. *JRA*
Hassouna M., Vigan A., Espagnol S., Guingand N., Lagadec S., Robin P., 2021. *5th CIGR (Canada)*
ITAVI, 2013. *CORPEN*
Vigan A., Hassouna M., Guingand N., Brame C., Edouard N., Eglin T., Espagnol S., Eugène M., Générmont S., Lagadec S., Lorinquer E., Loyon L., Ponchant P. and Robin P., 2019. *Journal of Environmental Quality, 48(6), 1899-1906.*
Webb J., van der Weerden T. J., Hassouna M., Amon B., 2021. *Carbon Management, 12 (6), 663-679*

Tableau 1. Facteurs d’émission d’ammoniac (NH₃) en poulets de chair après analyse de la base de données ELFE (ELevage et Facteurs d’Emissions)

Variables étudiées	FE NH ₃ (kg N-NH ₃ .emplacement ⁻¹ .an ⁻¹)	Nombre de données utilisées	P-value
Durée d'élevage			
0-50 jours	0,129 ^a ± 0,148	73	< 0,01
50-80 jours	0,226 ^b ± 0,128	61	
Gestion des effluents			
0-50 jours, évacuation des effluents plusieurs fois par lot	0,047 ± 0,013	4	0,161
0-50 jours, évacuation des effluents en fin de lot	0,112 ± 0,094	24	
50-80 jours, évacuation des effluents en fin de lot	0,188 ± 0,169	4	0,840
50-80 jours, évacuation des effluents après plusieurs lots	0,217 ± 0,086	41	

^{a, b} Valeurs dont la différence est significative pour un seuil à P < 0,05

Tableau 2. Facteurs d’émission d’ammoniac (NH₃) en poules pondeuses, après analyse de la base de données ELFE (ELevage et Facteurs d’Emissions)

Variables étudiées	FE NH ₃ (kg N-NH ₃ .emplacement ⁻¹ .an ⁻¹)	Nombre de données utilisées	P-value
Système de logement			
Cages	0,066 ^a ± 0,086	170	0,011
Volières	0,102 ^b ± 0,081	39	
Gestion des effluents			
Cages, avec tapis d'évacuation des fientes	0,044 ^a ± 0,056	142	<0,01
Cages, sans tapis d'évacuation des fientes	0,182 ^b ± 0,118	38	
Volières, avec tapis d'évacuation des fientes	0,096 ± 0,061	27	0,988
Volières, sans tapis d'évacuation des fientes	0,127 ± 0,116	12	

^{a, b} Valeurs dont la différence est significative pour un seuil à P < 0,05